

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Basel

Vorsteher : Prof. Dr. E. Ludwig

Zur Frage der multipolaren Zellen in den Spinalganglien

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

Esther Burkhardt

Basel 1953



BASEL (Schweiz)

S. KARGER

NEW YORK

Von der medizinischen Fakultät genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. E. Ludwig
Tag der Promotion : 24. November 1955



Separatabdruck aus Acta Anatomica, Vol. XVII, No. 3 (1953)

Acta Anatomica

International Archives of Anatomy, Histology, Embryology and Cytology
Archives Internationales d'Anatomie, d'Histologie, d'Embryologie et de Cytologie
Internationales Archiv für Anatomie, Histologie, Embryologie und Zellforschung

Basel (Schweiz)

S. KARGER

New York

Separatum Vol. XVII, No. 3 (1953)

Printed in Switzerland

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Basel

Vorsteher: Prof. Dr. E. Ludwig

ZUR FRAGE DER MULTIPOLAREN ZELLEN IN DEN SPINALGANGLIEN

Von ESTHER G. BURKHARDT

Das einfachste Schema des Ganglion spinale läßt dieses lauter bipolare bzw. pseudounipolare Elemente enthalten, von denen aus eine Faser, und zwar ein Neurit, nach der Peripherie, und eine zweite, wiederum ein Neurit, ins Rückenmark zu verfolgen ist. An diesem Schema wird heute nicht mehr allgemein festgehalten. *Benninghoff* [1950] z. B. erwähnt in der neuesten Auflage seines Lehrbuches kleine unipolare Nervenzellen, deren Neuriten den Ästen der Spinalnerven zustreben, ferner kleine Multipolare, die in Reflexbögen eingeschaltet sein könnten, und er gibt der Ansicht Raum, Spinalganglien seien mehr als bloße Ansammlungen von Stammzellen sensibler Nervenfasern. Noch formenreicher als das Schema *Benninghoffs* ist dasjenige von *Hirt* [1928]. Auch *Waldeyer* [1942] erwähnt die Angaben *Hirts*, und *Clara* [1942] berücksichtigt sie in ihrem ganzen Umfange.

Weil die Frage nach dem Zellgehalt des Ganglion spinale für die Anatomie wie für die Physiologie und die Pharmakologie von fundamentaler Bedeutung ist, haben wir uns die Aufgabe gestellt, diesen Zellbestand an Hand von Schnittserien zu überprüfen. Gleichzeitig vertieften wir uns in die Literatur, in der von anderen, als von den klassischen Elementen im Ganglion spinale die Rede ist, um sie auf ihre Stichhaltigkeit zu prüfen.

Literatur.

Unseres Wissens als erster fand *Disse* [1893] mit Hilfe der Golgimethode in Spinalganglien von Froschlärven lauter Zellen mit zahlreichen Ausläufern. Auf Grund der dendritenartigen Verzweigungen bezeichnete er sie als multipolar. *Von Lenhossek* [1894] bezweifelte die Dendritennatur der von *Disse* beschriebenen Ausläufer und betrachtete sie als eine embryonale Erscheinung. Er fand ähnliche Zellen beim Hühnerembryo. 1896 entdeckte *Spiras* „Multipolare“ beim Fetus der Ziege. In einer späteren Arbeit bezeichnete *von Lenhossek* [1907] die inzwischen

mittels der *Cajalschen* Methode von andern Autoren auch in ausgewachsenen Spinalganglien festgestellten „Multipolaren“ als sehr unwesentliche und nur ganz sporadisch auftretende Bildungen, die nicht eigentlich zum Typus der Spinalganglienzelle gehören.

1908 verfaßte *Dogiel* eine größere Abhandlung über Spinalganglien auf Grund von Silber-, namentlich aber von Methylenblaupräparaten. Er unterscheidet nicht weniger als elf Zelltypen. Als Typus X beschreibt er „kleine multipolare Zellen mit Dendriten, die nicht aus dem Bereich der Bindegewebskapsel heraustreten und in Anschwellungen enden“. Er faßte diese Elemente als jung und im Wachstum begriffen auf; sie sollen als Ersatz für alternde bzw. absterbende Zellen dienen. Den Typus XI verkörpern große und mittlere Zellen mit mehreren dendritenartigen Fortsätzen, die im Ganglion selbst mit „sensiblen Endorganen“ enden. Wer in dessen *Dogiels* Abbildungen betrachtet, wird feststellen müssen, daß gerade diejenigen, welche die Typen X und XI darstellen, ungemein schwer zu verstehen sind. *Dogiel* begoß die von ihm untersuchten Ganglien und Rasiermesserschnitte mit Methylenblau und fixierte dann mit Ammoniummolybdat. Daneben benutzte er eine Silbermethode von *Cajal* und das nach *Tomaselli* modifizierte Verfahren von *Donaggio*. Die zuletzt genannte Methode gibt aber nach den Erfahrungen unseres Institutes nur an ganz dünnen Paraffinschnitten gute Resultate. Die meisten Abbildungen *Dogiels* geben Methylenblaupräparate wieder.

Die von *Hirt* [1928] aufgestellten Zelltypen stimmen im wesentlichen mit denen von *Dogiel* überein, d. h. die Darstellung *Hirts* fußt auf derjenigen *Dogiels*. *Hirt* bestätigt diese weniger auf Grund eigener Beobachtung multipolarer Zellen. Er schloß vielmehr auf Relaisneuren, die auf das Ganglion beschränkt sein sollen, weil er nach Durchtrennung aller Fasern, sowohl proximal als auch distal vom Ganglion, in einzelnen Zellen die erwartete Tigrolyse vermißte. Als Zellen dieser Relaisneuren betrachtete er die Multipolaren *Dogiels*.

Kiss [1932] konnte mit seiner prolongierten Osmiummethode zwei Arten von Zellen im Spinalganglion unterscheiden. Neben den typischen Spinalganglienzellen, die das Hauptkontingent bilden, kommen kleinere und dunkler gefärbte Elemente vor, mit sternförmigem Umriß. *Kiss* fand sie selten in den spinalen Ganglien, in den sympathischen aber als die allein auftretende Form. Er bezeichnete sie in beiden Fällen als multipolar und war überzeugt, daß sie auch in Spinalganglien vorkommen.

Noch in demselben Jahre kritisierte *Levi* [1932] die Arbeit von *Kiss* in dem Sinne, daß er die verschiedene Färbbarkeit der Zellen auf ungleiche Schrumpfung bei der Fixierung, wechselnde Verteilung des Tigroids und verschiedene Anordnung der Neurofibrillen zurückführte.

1933 konnten *Fisher* und *Ranson* durch längeres Liegenlassen spinaler und sympathischer Ganglien nach dem Tode die Zahl der deutlich geschrumpften, dunkleren Zellen auf das Vielfache vermehren. Das gleiche Resultat zeitigte die Einwirkung hypertotonischer Salzlösung vor der Fixation.

1935 erklärten *Blair*, *Davies* und *Bacsich*, nachdem sie sich wie *Kiss* [1932] der Methode prolongierter Osmiumwirkung bedient hatten, daß die von *Kiss* beschriebenen dunklen Zellen nicht wie die echten Multipolaren der sympathischen Ganglien mit Dendriten ausgestattet sind. Sie nannten daher die dunklen Elemente „multangular cells“. Wirklich multipolare Zellen können nach diesen Autoren in Spinalganglien nur ganz ausnahmsweise und zwar mittels Silberimprägnation nachgewiesen werden.

Aus dieser Übersicht ist der Schluß zu ziehen, daß im Spinalganglion auf Grund histologischer Präparate multipolare Zellen als konstante Bestandteile nicht festgestellt worden sind.

Eine Reihe von Forschern beschäftigte die Frage, ob neben den allgemein anerkannten Pseudounipolaren auch andere Elemente im Spinalganglion vorkommen, insbesondere solche, die nur *einen* Neuriten besitzen. Diese Betrachtungsweise hat mit der Frage nach Multipolaren einen gewissen Zusammenhang insofern, als Zellen mit nur einem Neuriten bei Säugern multipolar zu sein pflegen, und als andererseits mit ihrem Nachweis festgestellt wäre, daß mehr als nur eine Zellart im Spinalganglion vorkommt. Da der in der Einzahl vorhandene Neurit das Ganglion zentrifugal oder zentripetal verlassen oder aber innerhalb desselben verbleiben und enden könnte, wurde versucht, durch Feststellung der Faserzahl proximal und distal vom Ganglion und durch den Vergleich der Zellenzahl mit der Faserzahl Klarheit zu schaffen. Das zuverlässigste Vorgehen wäre wohl das, an einem und demselben Objekt sowohl die Zellenzahl als auch die Faserzahl proximal und distal vom Ganglion zu bestimmen. Auf die Bestrebungen in dieser Richtung werden wir bei der Besprechung von *Podhradszky's* Arbeit [1933] zurückkommen.

Holl [1875] und *Stienon* [1880] kamen zu dem Resultat, daß die Faserzahl proximal und distal vom Ganglion dieselbe ist. *Duncan* und *Keyser* [1936] stellten an thorazischen Wurzeln von Katzen nach Toluidinblaufärbung der Zellen und Pyridin-Silberimprägnation der Neuriten fest, daß die Zahl der Zellen mit derjenigen der Fasern proximal vom Ganglion weitgehend übereinstimmt.

Mit den eben zitierten Autoren im Widerspruch stehen andere Forscher. *Gaule* und *Lewin* [1896] beobachteten eine beträchtliche Vermehrung der Fasern distal vom Ganglion. *Barnes* und *Davenport* [1937] fanden bei drei von acht untersuchten Spinalganglien unter Berücksichtigung der Fehlerquellen, daß sich die Zellen- zu der Faserzahl wie 1 : 1 verhielt. Bei den übrigen Ganglien überwogen die Zellen. Ein eindeutiges Ergebnis ließ sich also nicht erzielen. Die Autoren arbeiteten an Materialien von der Kuh und der Katze, sowie an den Präparaten von *Duncan* und *Keyser* [1936].

Podhradszky [1933] berichtet ausführlich über die bis 1933 vorgenommenen Zell- und Faserzählungen. Nach ihm stellten folgende Autoren eine Vermehrung der markhaltigen Fasern distal vom Ganglion fest: *Birge*, *Dale*, *Hardesty*, *Ranson*, *Shimbo*, *Ono*, *Gaule-Lewin*. *Hatai*, *Hirt*, *Gaule-Lewin* und *Ranson* vertraten die Ansicht, die Zahl der Zellen sei viel größer als diejenige der markhaltigen Fasern proximal vom Ganglion. *Podhradszky* selbst untersuchte Material vom Menschen, von der Katze, weißen Ratte, Schildkröte und Karpfen. Zur Fixierung verwandte er Osmiumtetroxyd; ein Teil der Präparate wurde nach *Schultze* gefärbt (Osmium-Kalibichromathämatoxylin). Gezählt wurden sowohl die Fasern proximal und distal vom Ganglion, als auch die Ganglienzellen. Das Ergebnis war eine Überzahl der Zellen gegenüber den Fasern und eine Vermehrung der Fasern distal vom Ganglion um 9 bis 76 % gegenüber proximal. Der Autor sucht die Überzahl der Zellen durch die Annahme ausschließlich intraganglionär gelegener Neuren oder fortsatzloser, noch jugendlicher Reservezellen zu erklären.

Die Zählung von Fasern und Zellen an rein anatomischem Material hat also bisher keine eindeutigen Ergebnisse gezeigt. Das liegt

möglicherweise an der Methodik. Zellen sind zweifellos schwer zu zählen, weil sie in aufeinanderfolgenden Schnitten schwer zu identifizieren sind, und die Faserzählung dürfte je nach der angewandten Färbung bzw. Imprägnation verschiedene Resultate ergeben. Zuverlässig hinsichtlich der Fasern sind gelungene Silberimprägnationen. Bei Markscheidenfärbung dagegen werden wirklich marklose Fasern der Beobachtung entgehen. Freilich, ob es in den Wurzeln der Spinalnerven solche gibt, wird heute mit einem gewissen Recht bezweifelt. *Hjiang* [1950/51] hat keine beobachtet.

Mehrere Forscher haben das Experiment herangezogen und danach getrachtet, auf Grund der nach Nervendurchschneidung eintretenden Reaktion des Tigroids Aufschluß über die zellige Zusammensetzung des Spinalganglions zu gewinnen.

Warrington und *Griffith* [1904] arbeiteten an Katzen; nach ihren Angaben bleiben nach Durchschneidung der Wurzel unmittelbar distal vom Spinalganglion die kleinsten Zellen (Durchmesser unter $26\ \mu$) intakt. Sie schlossen daraus, diese Elemente seien noch unreif und besäßen kein voll entwickeltes Axon, d. h. keinen peripheren Fortsatz.

Ken Kurés [1935] Experimente an zahlreichen jungen Hunden ergaben, daß ein Teil der kleinen Zellen nach Durchtrennung der dorsalen Wurzel dicht am Rückenmark unverändert bleibt, sich aber rasch verändert (Kernverlagerung in die Peripherie, Anschwellung der Zelle, Tigrolyse), wenn der Spinalnerventamm durchschnitten wird. Daraus schloß der Autor auf seine viel diskutierten parasymphischen Zellen im Spinalganglion, die über die Radix dorsalis erregt werden sollen (Spinalparasymphikus).

Hirt [1928] unterscheidet rein histologisch im Spinalganglion ähnlich wie *Clark* [1926] fünf verschiedene Zelltypen und bildet sie ab, aber es finden sich keine Multipolaren unter den gezeichneten Beispielen. Sein übersichtliches Schema, das er auf Grund experimenteller Untersuchungen zusammengestellt hat, zeigt dagegen eine hintere Wurzel, die proximal und distal vom Ganglion ganz verschieden zusammengesetzt ist. Neben den allgemein anerkannten weist sie Fasern auf, die im Hinterhorn entspringen und teils durch das Ganglion hindurch nach der Peripherie ziehen, teils an Unipolaren enden, deren Neurit peripherwärts läuft. Dazu kommen auf das Ganglion beschränkte Neuren, deren Zellen der Zeichnung nach als multipolar anzusprechen sind, die Relaiszellen.

Forschungen, welche einerseits die Zellgröße und die Anordnung des Tigroids, andererseits die Reaktionen der Zellen auf experimentelle Durchschneidung zum Gegenstand haben, können das Vorhandensein anderer, als klassischer sensibler Neuren in den dorsalen Wurzeln wahrscheinlich machen. Aber über die Existenz oder Nichtexistenz multipolarer Zellen im Spinalganglion erhält schon der Auskult, der sich lediglich mit den äußeren Zellformen befaßt.

Unter allen Arbeiten, die uns aus neuerer Zeit bekannt geworden sind, beantwortet diese Frage nur eine einzige, nämlich diejenige von *Palumbi* [1939]. *Palumbi* untersuchte Spinalganglien des Menschen, des Kalbes, Ochsen und Hundes. Er fixierte sie mit Alkohol, Ammoniakalkohol, Pyridin-Alkohol und Formalin und prüfte jede Zelle seiner Serien, die nach *Bielschowsky* und *Bielschowsky-Gros* imprägniert oder nach *Nißl* gefärbt waren. Der Autor kam zum Schluß: „Le presenti ricerche mi hanno condotto alla conclusione, che nei gangli rachidei non si trovano mai elementi multipolari e vice versa nei gangli simpatici della catena mai cellule a tipo spinale.“

Diese Feststellung mit anderer Methodik zu überprüfen, ist der Zweck der hier vorgelegten Untersuchungen.

Der Ausschluß anderer als bipolarer bzw. pseudounipolarer Zellen im Spinalganglion ist nicht ganz identisch mit der Feststellung eines einheitlichen Aufbaues der hinteren Wurzeln; er schließt nämlich nicht aus, daß außerhalb des Spinalganglions entspringende Fasern die Wurzeln und das Ganglion in der einen oder anderen Richtung durchziehen. Er schließt aber den Ursprung ungeteilter Neuriten im Ganglion und das Vorkommen von Relaiszellen aus. Denn unipolare Neuren sind unseres Wissens bei erwachsenen Säugern nicht beschrieben, und multipolare besitzen nach allem, was uns bekannt ist, nie Neuriten, die sich wie bei Bipolaren oder Pseudounipolaren verhalten. Der Nachweis Multipolarer wäre also der einzig mögliche Beweis für Uneinheitlichkeit der Zellen im Spinalganglion.

Eigene Untersuchungen.

Material und Technik.

Wir untersuchten Paraffinserien von Spinalganglien eines ziemlich großen Jagdhundes (Th 6, 7, 9 und L 2, das letzte links und rechts), eines an septischer Enteritis gestorbenen zweijährigen Mädchens (Th 12 und L 1) und einer Kuh (Th 9 und 10). Das tierische Material wurde unmittelbar nach der Tötung, das menschliche etwa drei Stunden nach dem Tode entnommen und bei 0° C in Aceton fixiert. Zum Vergleich zogen wir sympathische Ganglien vom Rind sowie Rückenmark vom Rind, vom Hund und von der Katze herbei, nach derselben Methode verarbeitet.

Zur Darstellung der Nervenzellen benützten wir Verfahren, wie sie zum histotopen Nachweis von Phosphatasen verwendet werden, namentlich der sauren Glycerophosphatase. Unser Vorgehen lehnt sich an die Originalmethode von *Gomori* an [1939, 1941, 1946], bedient sich aber im einzelnen der von *A. L. Meier* [1950/51] angegebenen Modifikationen. 16 bis 20 μ dicke Schnitte bewährten sich am besten. 30 μ dicke Präparate sind kaum zu verwenden.

Als Substrat benützten wir Na- β -Glycerophosphat (Eastman-Kodak). Das P_H wurde mit einer Glaselektrode auf 4,7 im sauren und auf 9,2 im alkalischen Be-

reich eingestellt. Die Inkubationszeit betrug für die alkalische Phosphatase 2 Stunden, für die saure 24, 40, 50 und 60 Stunden. Die kurzen Inkubationszeiten wählten wir, um Zellen und Fasern nicht vollständig zu schwärzen. Sie ließen die Zellformen und die Abgänge der Neuriten erkennen, worauf es uns ja ausschließlich ankam. Fremde Neuriten, die den Zellkörper kreuzen, täuschen bei schwacher Färbung keine Multipolarität vor. Um auch die kleinen Zellen und die feinsten Neuriten sichtbar zu machen, wurden die längsten Inkubationszeiten gewählt.

Ob die Phosphatasereaktionen spezifisch sind oder nicht, spielt in unserem Fall keine Rolle. Wir bedienten uns ihrer, weil sie alle Nervenzellen mit sämtlichen Ausläufern darstellen und zwar mit einer Konstanz und Gleichmäßigkeit, die wenigstens in unseren Händen die Blockimprägnation mit Silber weit übertrifft.

Die Reaktion auf das saure Ferment erwies sich als günstiger, da sie die Nervenzellen und ihre Fortsätze allein imprägniert. Beim Nachweis des alkalischen Fermentes treten die Ganglienzellen etwas weniger hervor, und die Amphizyten samt dem Bindegewebe werden mitgeschwärzt. Die dadurch entstandenen Unklarheiten ließen uns von der Auswertung des auf alkalische Phosphatase verarbeiteten menschlichen Ganglions L 1 absehen. Vom Hund wurde Th 6 rechts infolge zu blasser Färbung ausgeschieden. Über das verbleibende Material gibt folgende Tabelle Auskunft:

	Serie	Schnittdicke	Inkubation
Hund	Th 7 rechts	18 μ	24 h
	Th 9 rechts	18 μ	24 h
	L 2 rechts	10 μ	50 h
	L 2 links	20 μ	50 h
Mensch	Th 12	18 μ	41 h
Kuh	Th 9	16 μ	60 h
	Th 10	16 μ	60 h

Befunde.

Um die Kürze zu rechtfertigen, mit der wir unsere Befunde beschreiben, sei vorweggenommen, daß wir in keinem unserer Präparate auch nur eine einzige wirklich multipolare Zelle nachweisen konnten.

1. *Hund*. Nahezu alle Zellen sind typisch pseudounipolar. Ihr Körper ist meist annähernd kugelig, bisweilen oval oder birnförmig. Sein Durchmesser schwankt innerhalb weiter Grenzen, nämlich von weniger als 15 bis 90 μ .

Bisweilen stößt man auf eine leicht geschrumpfte Zelle, eine „multangular cell“ von *Blair, Davies* und *Bacsich* [1935]. Ihre Zacken sind jedoch kurz und spitz, und es kann auch bei genauester Prüfung nie mehr als ein wirklicher Ausläufer festgestellt werden, der Neurit.

Eine wichtigere Abweichung von der Norm sei an Hand der folgenden Beispiele beschrieben. Im Ganglion Th 7 rechts besitzen zwei Zellen neben dem Neuriten einen weiteren Ausläufer, der mit kolbiger

Verdickung endet. Die eine Zelle ist klein und etwas in die Länge gezogen; von dem einen Pol entspringen gleich zwei dicke Ausläufer, von denen einer mit einer Auftreibung endet. Die zweite Zelle gehört zum großen Typus, und als Verbindung zum Endkolben dient nur ein ganz feiner Faden. Ein drittes Beispiel mit einem lang und dünn gestielten Kolben beobachteten wir im Ganglion Th 9 rechts (Abb. 1).



Abb. 1



Abb. 2

An weiteren atypischen Elementen fanden wir in jedem der untersuchten Ganglien unseres Hundes mittelgroße bis große Zellkörper, die im Inneren blasenartige Lichtungen enthalten. Die Außenfläche ist meistens glatt; sie kann aber auch durch henkelartige Bildungen verziert sein (Abb. 2). L2 links enthält weiterhin eine auf zwei Schnitten sichtbare, eigenartig zerklüftete Zelle. Den Neuriten konnten wir nicht nachweisen. Selten sind Zellen, deren Neurit innerhalb der Kapsel zahlreiche Windungen beschreibt.

2. *Mensch.* Mit Ausnahme dreier zu blaß ausgefallener Schnitte auf einem Objektträger konnte die ganze Serie verfolgt werden. Zelle für Zelle wurde untersucht, aber abgesehen von einem gleich zu beschreibenden Befund konnte keine Abweichung von der Norm festgestellt werden. Außer einigen Bipolaren, die vielleicht auf das jugendliche Alter des Untersuchungsgutes zurückzuführen sind, besteht das ganze Ganglion aus klassischen pseudounipolaren Elementen.

Als ganz ausgefallener Befund fällt in der Bindegewebskapsel des zweiten Schnittes eine Zelle auf, wie wir sie sonst nur im Rücken-

mark und im sympathischen Ganglion zu sehen bekommen. Der Zellkörper ist 23μ lang und 10μ breit. Er weist drei unverzweigte, zugespitzt endende Fortsätze auf, die unter sich nicht verbunden sind. Der Neurit ist nicht zu identifizieren. Auffallend ist die Lage dieser Zelle, von allen andern isoliert in der Kapsel. Wir haben keinen Anhaltspunkt, sie nicht als multipolar gelten zu lassen; am ehesten handelt es sich um eine verschleppte Grenzstrangzelle.

3. *Kuh.* Im Spinalganglion der Kuh ist die Mannigfaltigkeit der Zellformen ungleich größer als bei den bisher besprochenen Organismen. Neben den klassischen Pseudounipolaren, die die Mehrheit bilden, gibt es hier Elemente, wie wir sie beim Kinde überhaupt nicht, beim Hund nur als Seltenheit antrafen, in großer Zahl.

Den Blasen enthaltenden und mit Henkeln versehenen Zellen des Hundes scheinen beim Rind gefensternte Elemente zu entsprechen. Ihr mittelgroßer bis großer Zellkörper ist freilich nicht in Kammern unterteilt, aber das extrazelluläre Geflecht ist mächtig entfaltet. Henkel kommen in den verschiedensten Größen und Formen vor, und an gewissen Stellen des Körpers treten Fasern aus, die sich aufteilen und deren Zweige unter sich anastomosieren, so daß ein feinmaschiges Netz zustande kommt. An anderen großen und mittelgroßen Zellen entspringen vom Körper oder vom Ursprung des Neuriten feine, kurze, unverzweigte Fäserchen. Seltener sind die Fortsätze lang und verzweigt, ebenfalls dünn, lassen sich jedoch nicht regelmäßig bis ans Ende verfolgen. Die kleinen Zellen dagegen weisen größtenteils, abgesehen von einigen feinen Henkelbildungen, die typisch pseudounipolare Form auf. Bipolare sind in allen Varianten vorhanden, vom Austritt der beiden Fortsätze an den entgegengesetzten Polen der Zellen bis zum Übergang in die pseudounipolare Form. Die Neuriten der atypischen Zellen sind zum Teil äußerst kompliziert angeordnet, indem sie innerhalb oder außerhalb der Kapsel vielfach gewundene Knäuel bilden, wie wir sie beim Menschen und beim Hund nur andeutungsweise zu sehen bekamen. Wo große und komplizierte Zellen dicht beieinander liegen, ist das Bild schwer zu deuten, aber wirklich multipolare Elemente konnten wir nicht nachweisen.

Diskussion.

In unserm Kontrollmaterial (Rückenmark des Rindes, des Hundes und der Katze, sympathisches Ganglion des Rindes), das genau gleich verarbeitet wurde, wie die Spinalganglien, sind die multipolaren

Zellen so vollkommen und tadellos hervorgehoben, daß derartige Präparate am hiesigen Institut an Stelle von Silberimprägnationen in den mikroskopischen Übungen ausgeteilt werden. Vergleichen wir sie mit den Schnitten durch Spinalganglien, so kann keine Rede davon sein, daß in den letzteren auch nur entfernt ähnliche Bilder zu finden sind, abgesehen von dem einen rätselhaften Element beim Menschen, von dem früher die Rede war, und das auch durch seine Lage auffallen muß.

Ebensowenig wie wir sind andere Autoren imstande gewesen, wirklich multipolare Zellen in Spinalganglien nachzuweisen. Was zu Irrtümern Anlaß gab, sind die atypischen Zellen, wie auch wir sie feststellen konnten, als Ausnahmen beim Hund, sozusagen als Regel bei der Kuh. Hieher gehören die schon von *Cajal* [1906] beschriebenen „celulas fenestradas“ und die ebenso lang bekannten Zellen mit Paraphyten (*G. Levi* [1907]). Die gefensterten Zellen besitzen abgesehen vom Neuriten einzelne oder mehrere Fortsätze, die häufig, aber nicht immer, beim Ursprung des Nervenfortsatzes beginnen, sich verzweigen und mit ihren Ästen in einiger Entfernung vom Zellkörper Anastomosen eingehen. So kommen weitmaschige Netze rings um die Zellen zustande. Oft entspringt der Neurit als dicke Faser aus diesem Netz. Zellen mit Paraphyten hat als Erster *G. Levi* [1907] bei großen Cheloniern und Teleostiern, sowie im Lobus electricus von Torpedo und Malapterurus beobachtet, ferner bei großen Säugern wie Pferd und Schaf. *Levi* kam zum Schluß, daß die Paraphyten und die gefensterten Membranen zum Ausgleich der bei großen Tieren durch die Zunahme des Zellvolumens relativ klein werdenden Zelloberfläche dienen.

Da *Dogiel* [1908] mit seinem ausführlichen Werk über die Spinalganglien für zahlreiche spätere Autoren maßgebend war, wollen wir noch einmal kurz auf seine „Multipolaren“ eingehen. Wesentlich ist dabei, daß die entscheidenden Abbildungen *Dogiels* alle vom Pferd stammen.

Den Typus X stellen Zellen mit meist bandförmigen, bald dünner, bald dicker werdenden Ausläufern dar, die noch innerhalb der Zellkapsel enden. *Dogiel* glaubte, die im Ganglion und selbst in der Hinterwurzel gelegenen, auch von uns beobachteten Endkolben seien als wachsende Nervenfortsätze gerade dieser Zellen zu deuten. Zellen mit ähnlichen keulenförmig endenden Fortsätzen sind schon vor *Dogiel* von *Huber* [1896] bei *Rana catesbiana* beschrieben worden.

Dieselben Bildungen fand *Nageotte* [1907] in sakralen Spinalganglien nach homoioplastischer Transplantation derselben unter die Haut des Kaninchenohres. 15 Tage nach dem Eingriff mit der *Cajal*-schen Methode untersucht, zeigten nämlich die überlebenden Zellen eine gewisse Schrumpfung sowie exzentrisch gelegene Kerne, namentlich aber zahlreiche dünne und dicke Fortsätze, die mit kugeligen Anschwellungen endeten. Der Autor fand ähnliche Zellen bei Tabikern (*Nageotte* [1906]); er nannte die Erscheinung kollaterale Regeneration. Unter pathologischen Verhältnissen wäre demnach der im Experiment eintretende degenerativ-regenerative Prozeß besonders stark ausgeprägt.

Als Wachstumskolben werden die keulenförmigen Endigungen wohl zu Unrecht aufgefaßt, denn sie wachsen nicht, wie *Dogiel* und andere glaubten, zu Dendriten aus. *Ranson* [1914] und *Tidd* [1932] konnten zeigen, daß die nach *Nageotte* transplantierten und den Eingriff überlebenden Zellen nach wenigen Wochen die ursprüngliche Gestalt wieder annehmen. In anscheinend gesunden Ganglien faßt *Ranson* ihre Form als Reaktion auf traumatische, toxische oder Ernährungsstörungen auf. Das gilt freilich nur für Tiere mit geringer Körpergröße, bei denen weder Paraphyten noch Fensterapparate auftreten.

Der Typus XI besitzt nach *Dogiel* dermaßen „eigenartige Fortsätze, daß diese nicht den Dendriten gleichgestellt werden können“. Sie enden an den Polen oder unter der Hülle des Ganglions mit „sensiblen Apparaten“. Sie irgendwie funktionell zu interpretieren, dürfte zur Zeit noch nicht möglich sein. Es scheinen sie keine anderen Autoren mehr beobachtet zu haben.

Weitere von *Dogiel* abgebildete Methylenblaubilder vom Pferd zeigen Zellen mit Schlingen, Sprossen und Geflechtwerken, wie sie viel eingehender von *Levi* [1946] beschrieben wurden. *Barris* [1934] fand dieselben Zellen ebenfalls beim Pferd und zwar sehr häufig. Es ist wohl anzunehmen, daß es sich auch beim Typus XI von *Dogiel* um ausgedehnte Paraphyten und um Fensterapparate handelt.

Alle diese Komplikationen treten einerseits nur bei bedeutender Körpergröße gehäuft auf, bei kleinwüchsigem Organismus aber fehlen sie oder sind ganz selten (*Barris* [1934], bei der Katze). Andererseits lassen sie sich bei genauer Beobachtung leicht von Dendriten unterscheiden. Diese Tatsachen verbieten uns, die Befunde im Sinne von Multipolarität auch nur einzelner Spinalganglienzellen zu deuten.

Zusammenfassung.

An Schnittserien durch Spinalganglien des Kindes, des Hundes und der Kuh, nach *Gomori-Meier* histologisch auf saure Glycerophosphatase verarbeitet, ließen sich trotz gut gelungener, elektiver Schwärzung keine multipolaren Zellen nachweisen.

Summary.

No multipolar cells could be found in serial sections of spinal ganglia of the child, the dog and the cow in using the Glycerophosphatase method of *Gomori-Meier*.

Résumé.

L'étude de la glycerophosphatase acide sur des coupes sériées de ganglions spinaux de l'homme, du chien et de la vache (méthode de *Gomori-Meier*) n'a pas permis de déceler des cellules multipolaires bien que la démonstration de la glycerophosphatase ait donné sans cela des résultats histologiques très satisfaisants.

LITERATUR

- Barnes, J. F. and H. A. Davenport* : J. comp. Neurol. 66, 459, 1937. – *Barris, R. W.* : J. comp. Neurol. 59, 325, 1934. – *Benninghoff, A.* : Lehrbuch der Anatomie, Bd. 3, München und Berlin 1950. – *Blair, D. M., P. Bacsich and F. Davies* : J. Anat., Lond., 70, 1, 1935. – *Cajal, S. R. y* : Trab. Lab. Invest. biol. 4, 1, 1906. – *Clara, M.* : Das Nervensystem des Menschen, Leipzig 1942. – *Clark, S. L.* : J. comp. Neurol. 41, 423, 1926. – *Disse, J.* : Verhandl. d. anat. Gesellsch., 7. Vers. Göttingen, Erg. H. Anat. Anz. 3, 201, 1893. – *Dogiel, A. S.* : Der Bau der Spinalganglien des Menschen und der Säugetiere, Jena 1908. – *Duncan, D. and L. Keyser* : J. comp. Neurol. 64, 303, 1936. – *Fisher, C. and S. W. Ranson* : J. Anat., Lond. 68, 1, 1933. – *Gaule und Lewin* : Zbl. Physiol. H. 15/16, 1896 (cit. *Podhradsky*). – *Gomori, G.* : Proc. Soc. exp. Biol. 42, 23, 1939. – *Id.* : Arch. Path. 32, 189, 1941a. – *Id.* : J. cell. comp. Physiol. 17, 71, 1941b. – *Id.* : Amer. J. clin. Path. 16, 347, 1946. – *Hirt, A.* : Z. Anat. EntwGesch. 87, 275, 1928. – *Hjiang, Sch. Hj.* : Acta anat. 11, 50, 1950/51. – *Holl, H.* : S. B. Akad. Wiss. Wien 70, Abt. 2, 1875 (cit. *Ranson*). – *Huber, G.* : Anat. Anz. 12, 417, 1896. – *Kiss, F.* : J. Anat., Lond. 66, 488, 1932. – *Kuré, K.* : Z. Zellforsch. 22, 54, 1935. – *Lenhossek, M. v.* : Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuerer Forschungen, Berlin 1894. – *Id.* : Arch. mikr. Anat. 69, 245, 1907. – *Levi, G.* : Anat. Anz. 30, 180, 1907. – *Id.* : Anat. Anz. 75, 187, 1932. – *Id.* : Trattato di Istologia, 3. Aufl., Torino 1946. – *Meier, A. L.* : Acta anat. 11, 192, 1950/51. – *Nageotte, J.* : Nouv. Icon. de la Salpêtrière 3, 217, 1906 (cit. *Barris*). – *Id.* : Rev. neurol. 15, 357, 1907 (cit. *Barris*). – *Palumbi, G.* : Anat. Anz. 87, 292, 1939. – *Podhradsky, L.* : Z. Anat. EntwGesch. 100, 281, 1933. – *Ranson, S. W.* : J. comp. Neurol. 24, 547, 1914. – *Spiras, A. S.* : Anat. Anz. 11, 629, 1896. – *Stienon* : Ann. de l'Univ. de Brux. 1880 (cit. *Ranson*). – *Tidd, C. W.* : J. comp. Neurol. 55, 531, 1932. – *Waldeyer, A.* : Anatomie des Menschen, Bd. 2, Berlin 1942. – *Warrington, W. B. and F. Griffith* : Brain 27, 297, 1904.

Eingegangen 20. Juni 1951.

